6V6同等管で音質・特性とも満足のゆくオクタル管

7C5プッシュプル・ステレオ・パワー・アンプの製作

那須好男

7C5は，6V6と電気特性が同じロクタル管です．ロクタル（Loctal）というのは，ロックイン・オクタル（Lock-in Octal）を短縮したものです．センターのガイドピンにクビレを付け，専用のソケットと組み合わせて使うことにより，抜けにくくしたものです．振動の多い車載用などの用途に作られたものと思われます．

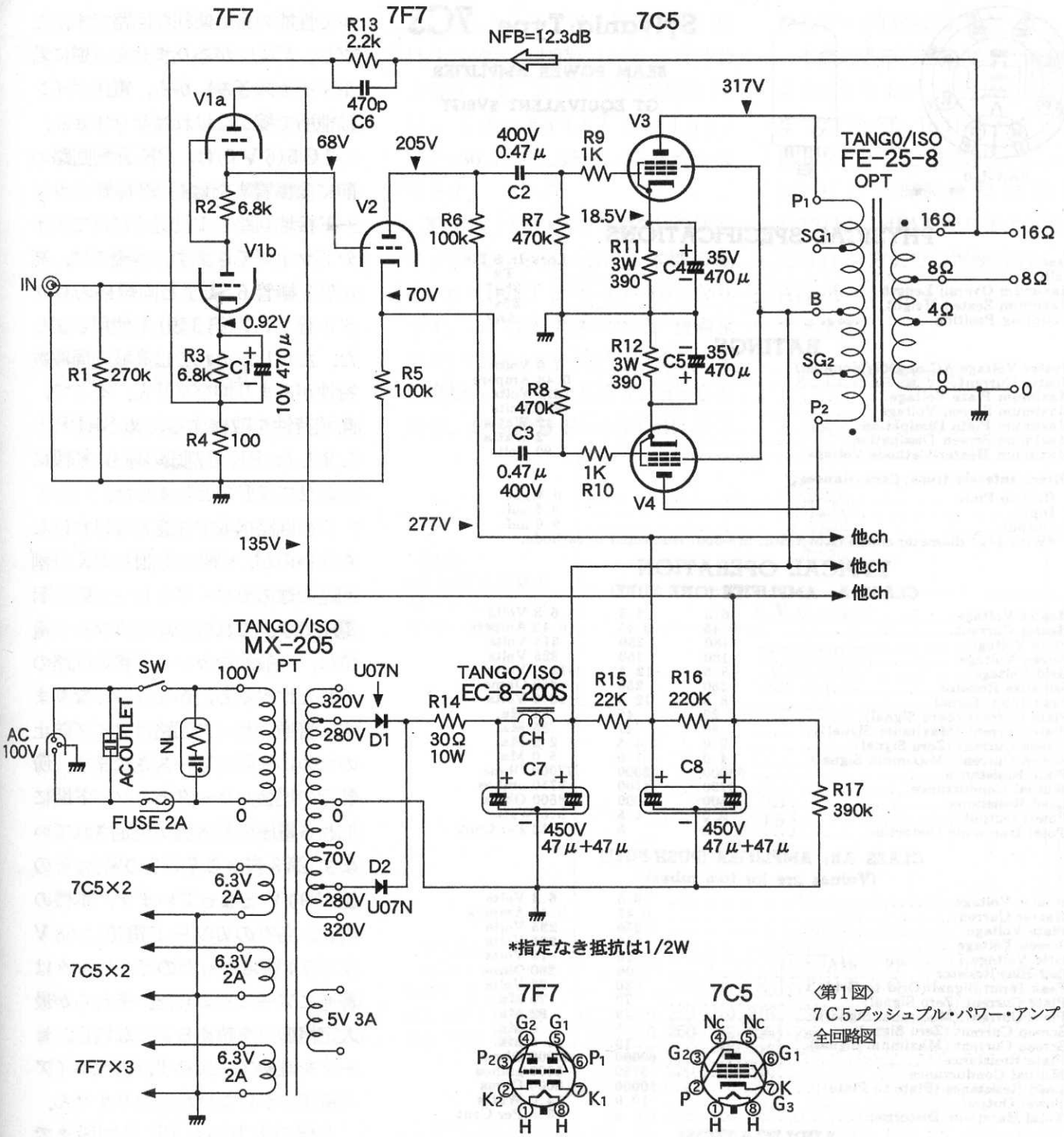
数年前から徐々に，欧米や日本製の真空管が少なくなってきました．ポピュラーな6V6なども，ご多分に漏れず品薄で，あっても以前には考えられないような価格になってしまいました．現行のロシアや東欧，中国製のものを使うのも一案です．しかし，6V6と同規格の7C5は，良く知られていないせいか米国製のものが，それらのものと同等の価格で入手出来，お買い得といえます．ソケットが6V6に使われているUSソケットに比べると少々高くなりますが……．

今回は，その7C5を使ったプッシュプル・パワー・アンプを紹介します．球が安く入手出来たからといって，安物の部品を使ってはいけません．特に出力トランスに貧弱なものを使ったのでは，たとえ銘球を使ったとしても良い音はしません．**第1図**が本機の全回路図です．

7C5の動作条件

第1表がシルバニア7C5の規格表です．ヒータ定格は，7V 0.48Aとなっていますが，動作例では6.3V 0.45Aで動作させています．**第2表**は，アイエー出版から出版されている「オーディオ用真空管マニュアル」に載っている6V6-GTの規格表です．当然ながら，両者を比較してみるとほとんど同じです．相違点は，固定バイアス時のグリッド抵抗の最大値が，7C5は50 kΩなのに対して6V6-GTは100 kΩとなっていることです．これはドライバ段にとっては大きな問題です．本機は，自己バイアスとしていますので，その値は500 kΩとなっており，ドライバ段にとってはかなり楽になります．

本機では，**第2表**の6V6-GTの自己バイアス動作を採用しました．プレート及びスクリーン・グリッド電圧300 V，負荷抵抗8 kΩとなっています．カソード抵抗Rkは170



〈第1図〉
7C5プッシュプル・パワー・アンプ
全回路図

Ωになっていますが，これは2本共通の値です．本機では，これを球ごとに別々にしました．こうすると2球が少々バラついていても影響が少なくてすみます．Rkを別々にすると，共通の時の2倍の340Ωになりますが，これを入手が容易な390Ωとしました．

第2表から，最大出力を得るのに必要なグリッド励振電圧Eg1は，25.6Vとなっています．これは上下の球の両グリッド間の実効値なので，片側のグリッドで考えるとその半分の12.8Vとなります．本機の場合，カソード抵抗を動作例の値より15%ほど高くしてありますので，その分励振電圧も高くなります．それを考慮しても，15Vほどの励振電圧があればフルドライブ出来るでしょう．

初段および位相反転段の動作

前述したように，出力段をフルドライブするには，約15Vの励振電圧が必要です．この程度なら，PK分割回路で十分ドライブ出来ます．PK分割型の位相反転回路は，バイアスが浅くグリッド励振電圧の低い出力管をドライブするには，シンプ

力特性です．7C5をフルドライブするのに必要な15Vは軽くクリアしています．また，増幅度は52倍となります．ちなみに，これらの特性を測定する時は，プレート側及びカソード側に同一特性の電子電圧計を接続して測定しなければなりません．PK分割回路は，両出力に同一の負荷が接続された時，バランスした出力が得られます．

時定数と負帰還量

本機には，主要な時定数が2ヶ所あります(**第4図**)．1つは，PK分割段と出力段間のC2およびC3とR7及びR8で生じるT1です．本機の定数では221 μF•kΩとなります．カットオフ周波数f1は，f1=159/T1=159/221=0.72 Hzとなります．

もう1つは，出力管と出力トランスなどで生じるT2です．これは，2次負荷抵抗を1次に換算したインピーダンス(=Zp)と出力管プレート内部抵抗rpが並列になったもの(2rp//Zp)，それと出力トランスの1次インダクダンスLpによって生じます．このとき，問題となるのは動作レベルによってLpが変動することです．本機に使用したFE-25-8の規格表によると，Lpの最小値は130Hで最大値は280 HとなっていますこれよりT2は，小出力時は17 H/kΩで大出力時には36.7 H/kΩとなります．カットオフ周波数f2は，f2=159/T2=159/(17～36.7)=9.35～4.33 Hzとなります．

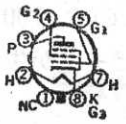
時定数（カットオフ周波数）の比をスタガ比nと言います．本機の場合，n=T1/T2=6.02～13となります．この値が大きいほど，負帰還をかけた時にピークが出にくく，また発振しにくくなります．n=6の時は，負帰還量F=4(12 dB)以下ならピークは生じません．

本機の各部の増幅度は，**第5図**のようになります．入力から8Ω端子までが51倍，16Ω端子までが72倍となりました．帰還抵抗R_{13}=2.2 kΩとした時，負帰還量Fは4.13(12.3 dB)となります．その時の8Ω端子までの増幅度は，$A_8=A_{8(0)}/F=51/4.13=12.3$倍と計算できます．

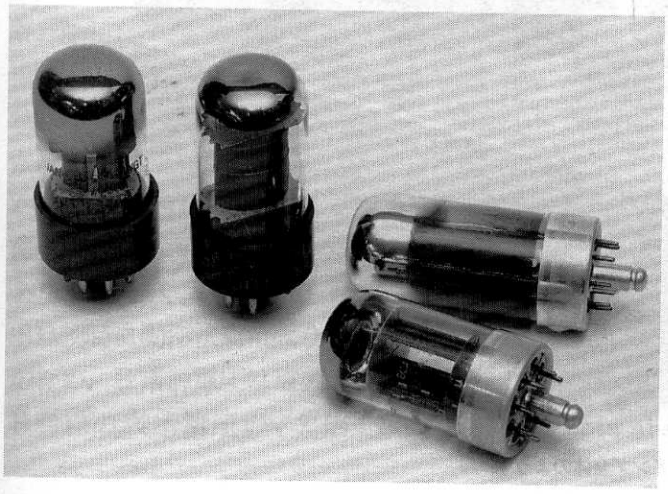
特性を調整する

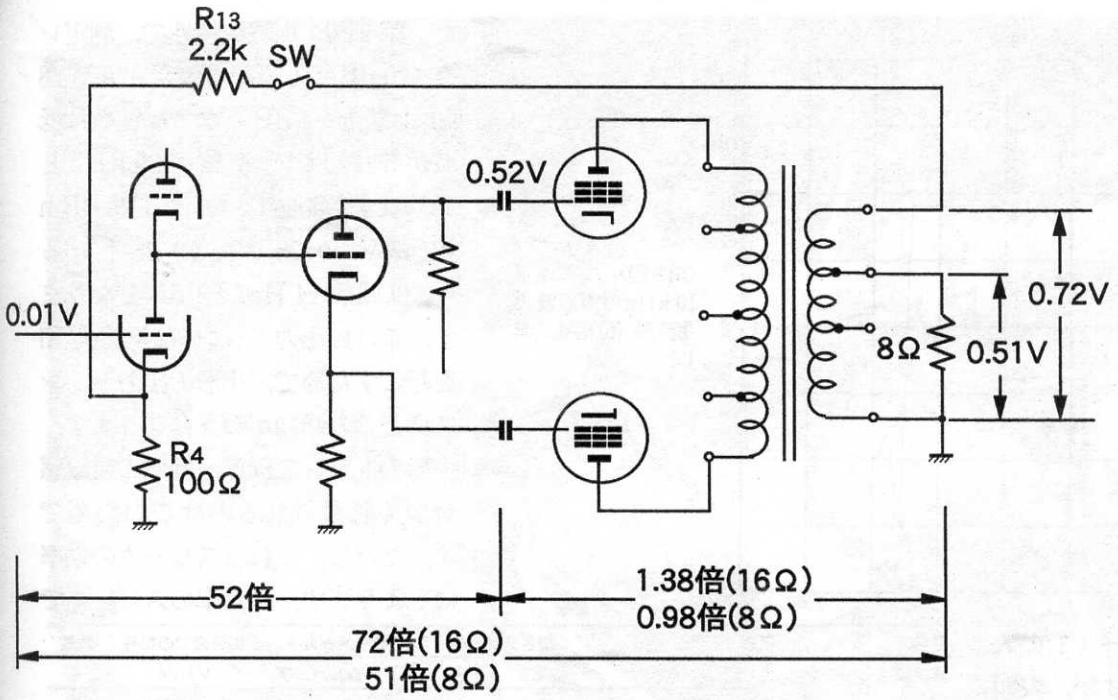
無帰還時(R_{13}およびC_6なし)の周

〈第2表〉
6V6-GTの規格表
(オーディオ用真空管マニュアルより)

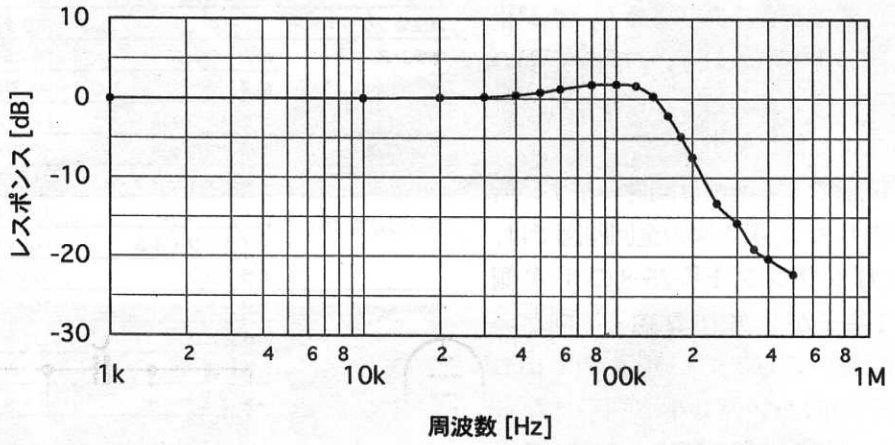
接続												
名称	6V6-GT											
用途 種類 E_f I_f	電力増巾用 ビーム管 6.3 × 0.45											
E_{bb}	—											
E_b	315											
P_p	12											
E_{cc2}	315											
E_{c2}	285	△	C_{in} 9.0									
P_{g2}	2		C_{out} 7.5									
I_k	—		C_{gp} 0.7									
E_{c1}	—											
F	0.1											
R_g	0.5											
C												
e_{hk}	±90											
動作	A_1		S			AB_1		PP		3結AB_2PP		
	F	F	C	F	F	F	F	C	F	F	F	
E_b	180	250	250	270	315	250	285	300	300	250	315	
E_{c2}	180	250	250	270	225	250	285	300	285	—	—	
E_{c1}	-8.5	-12.5	—	-15	-13	-15	-19	—	-19	-21	-28	
R_k	—	—	250	—	310	—	—	170	—	—	—	
R_L	5.5	5	5	5	8.5	10	8	8	5.6	6	6	
E_{g1}	6	8.8	8.8	10.6	9.6	21.2	26.8	25.6	36	46	58	
I_{bo}	29	45	44	44	34	70	70	85	70	40	40	
I_{bsig}	30	47	—	46	35	79	92	90	140	58	73	
I_{c2o}	3	4.5	4	4.5	2.2	5	4	5	4	—	—	
I_{c2sig}	4	7	—	7	6.0	13	13.5	15	20	—	—	
g_m	3.7	4.1	—	4.1	3.75	3.75	3.6	—	—	—	—	
r_p	50(概)	50	—	50	80	—	—	—	—	—	—	
μ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
μ_{g1g2}	—	9.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
P_o	2	4.5	4.3	6	5.5	10	14	14	20	5.9	9.4	
KF	8	8	8	7	12	5	3.5	3	4	2	2	
R_g (MΩ)	0.5	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1			
備考	6AQ5 同等 6V6-GTA同等 12V6-GT同等											

↓下：左からシルバニア6SL7WGT，日立6V6-GT．右下：7F7(手前)，7C5(後)





〈第5図〉
各部の増幅度



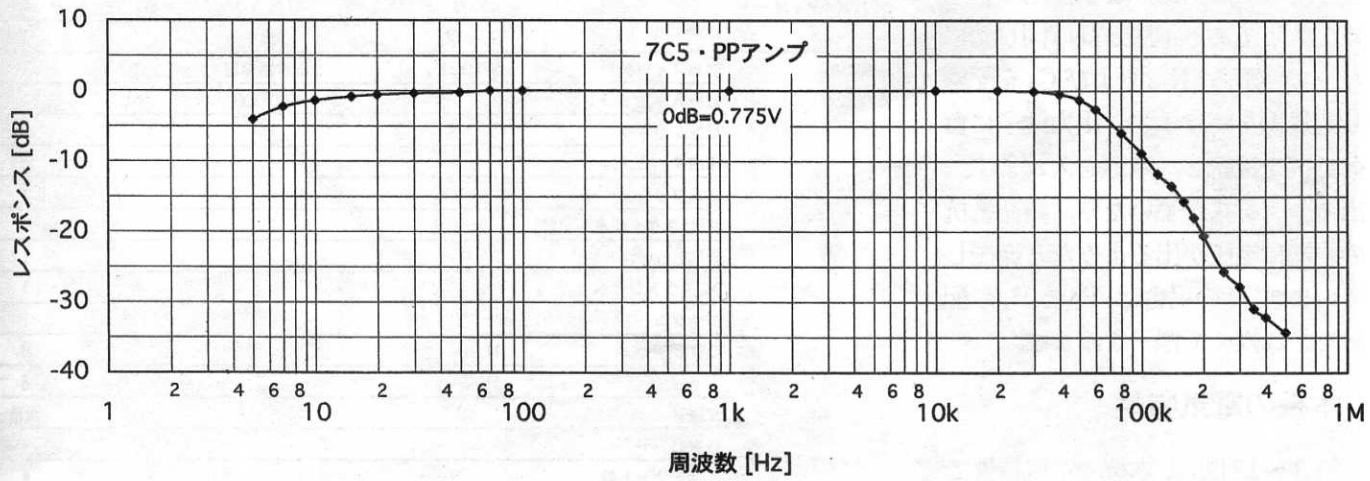
〈第7図〉
周波数特性（位相補正無し）

大工さんと違い，我々が使うものなら，そこそこの価格のもので十分でしょう．

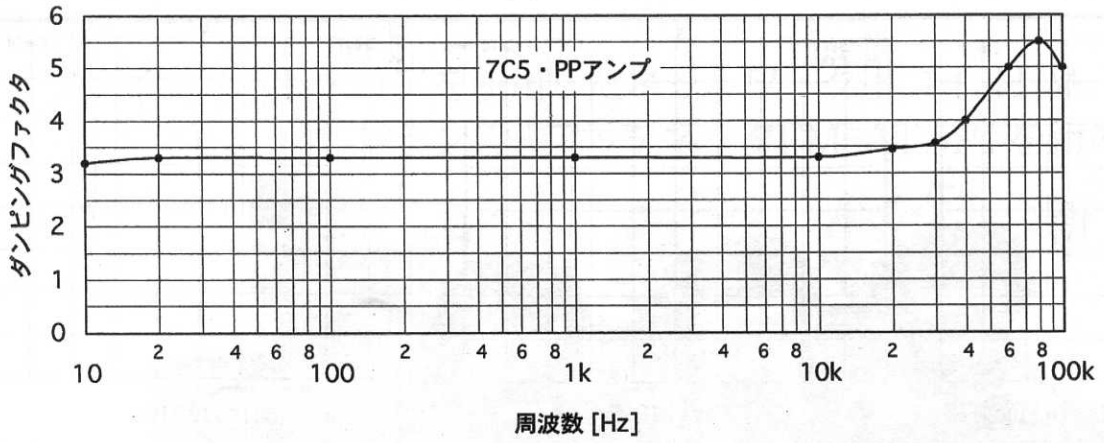
シャーシパンチは，シャーシ加工の必需品です．これがあるとシャーシ加工が大変楽になります．真空管ソケット，電解コンデンサ，出力トランスなどの ϕ30 mm や ϕ20 mm の穴が楽にあきます．穴径が異なるものが何点かセットで売っていますが，3～5千円程度で購入できます．

糸鋸は，電源トランスなどの角穴をあけるとき使います．刃が細いのでよく折れますが，10本数100円で売っている消耗品ですからやむを得ないでしょう．角穴をあけるもっと良い方法がないかと思っていますが，今のところ他に良い方法が見つかりません．

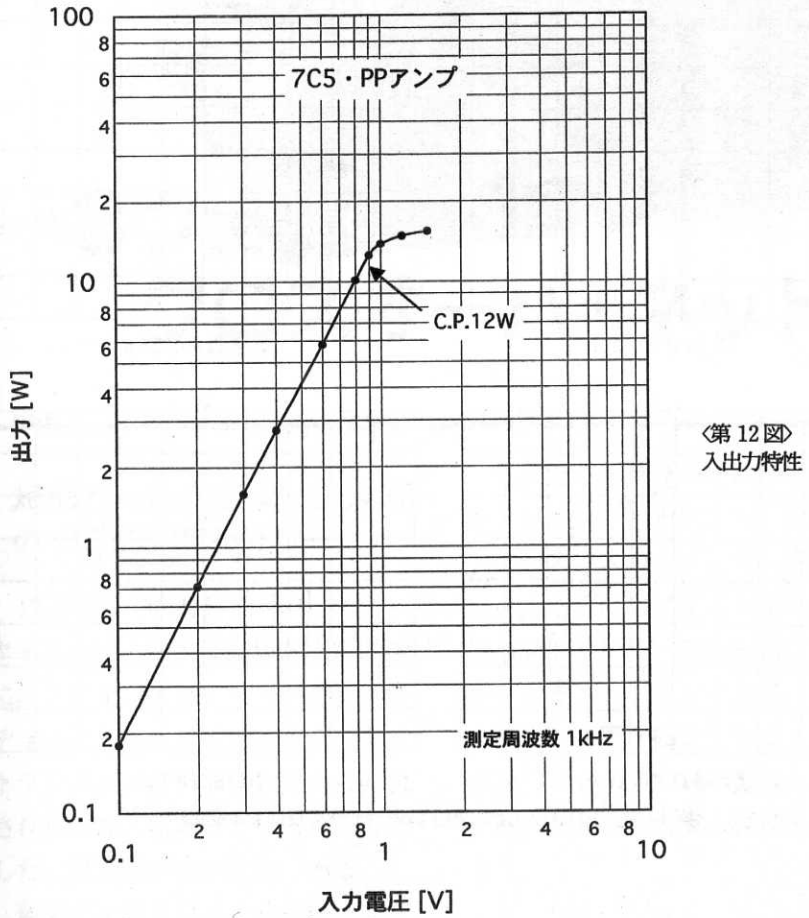
本機のシャーシは，天板と枠がはずれるようになっています．このような構造のものは，両者の電気的接続をしっかりしておかなければなり



〈第6図〉 無帰還時の周波数特性



〈第11図〉
ダンピング・ファクタ特性



〈第12図〉
入出力特性

悪影響はないと思います．

第11図は，ダンピング・ファクタ特性です．測定は，ON-OFF法で行いました．これは出力端子に電子電圧計を接続しておき，定格負荷抵抗（8Ωまたは16Ω）をON-OFFした時の値を読み，計算で求めます．ダンピング・ファクタ値が高くない時は，この測定法で十分です．それが高い時は，他のアンプから被測定アンプに電圧を加える，注入法で測定します．

第12図が，1kHzにおける入出力特性です．入力0.9Vほどでノンクリップ最大出力12Wが得られます．増幅度が高過ぎると，初段のノイズやプリアンプのノイズを増幅してしまいS/N比が悪くなります．低過ぎると，プリアンプの歪みの影響が出たり，ボリュームを目一杯上げなければならなくなります．

第13図は，各周波数における方形波再生波形です．10kHzの立ち上がりに若干のオーバーシュートが見られますが，この程度なら音質に影響はないでしょう．この立ち上がりを完全に丸くしてしまうと，高域の周波数特性が悪くなります．

第14図は，8Ωの負荷抵抗にコンデンサを並列に接続した時の10kHz方形波再生波形です．0.22～0.47μFあたりでオーバーシュートが最大となり，1μFになるとその値は小さくなります．

使用感

本機の8Ω端子までの増幅度は約12倍で，この位の値が使い易いと思います．私がパワー・アンプを設計する時は，増幅度は10倍位を目安としています．これが高すぎても，低すぎても具合が良くありません．残留ノイズは8Ω端子が0.2mVで，スピーカに耳を近づけてもほとんどノイズは聞こえません．傍熱管は直熱管に比べるとノイズの点では有利です．

前にも記したように，私は6V6系の球の音が好きです．クセの少ない自然な音で，あたかも水彩画のようです．本機は，その延長線上の音ですが，若干締まって音の輪郭が明瞭になったように聴こえます．

アンプは，組み合わせる機器やソースによって音が変わります．それらを明記しておいたほうが，読者の参考になるでしょう．そんなことで，以下に試聴したCD盤と機器を記